



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA
TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACIÓN
TOTAL DETERMINADOS POR MÉTODOS
GEOESTADÍSTICOS DESDE LOS AÑOS 2005 a
2019 DE BOGOTÁ D.C, COLOMBIA.**

**MULTI-TIME ANALYSIS OF THE AVERAGE TEMPERATURE
AND TOTAL PRECIPITATION DETERMINED BY
GEOSTATISTICAL METHODS FROM 2005 TO 2019 OF
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA**

Laura Daniela Ortiz Rodríguez
U3101493
Bióloga

Director:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
JUNIO DE 2020
BOGOTÁ-COLOMBIA**

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACIÓN TOTAL DETERMINADOS POR MÉTODOS GEOESTADÍSTICOS DESDE AÑOS 2005 a 2019 DE BOGOTÁ D.C, COLOMBIA.

MULTI-TIME ANALYSIS OF THE AVERAGE TEMPERATURE AND TOTAL PRECIPITATION DETERMINED BY GEOSTATISTICAL METHODS FROM 2005 TO 2019 OF BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

Laura Daniela Ortiz Rodríguez
Bióloga con énfasis en gestión ambiental,
Facultad de ingeniería
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
u3101493@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Los diferentes cambios climatológicos que se han presentado en el mundo a causa de las diferentes actividades humanas han provocado alteraciones significativas en el ambiente y así mismo sobre su comportamiento. Variables como la temperatura y la precipitación han tenido cambios suficientes para afectar directamente a nivel ambiental, social y económico principalmente. El objeto de este estudio fue determinar la variación de la temperatura media y precipitación total de los años 2005, 2012 y 2019 de Bogotá D.C mediante métodos geoestadísticos. Se realizó un mapa de calor por cada año para las dos variables, temperatura y precipitación usando el método de interpolación de Kriging. Dentro de los resultados obtenidos se evidenció temperaturas altas y constantes en las zonas urbanas de Bogotá, y bajas temperaturas hacia las zonas rurales. El año 2005 mostró las temperaturas mas altas en la totalidad del área. Así mismo, el año 2019 se evidencio un aumento de la precipitación en diferentes áreas específicas de la ciudad. En general, no se observó un cambio significativo a través de los años del comportamiento de la precipitación.

Palabras Clave: Temperatura, Precipitación, Kriging.

ABSTRACT

The different climatological changes that have occurred in the world due to different human activities have caused specific alterations in the environment and also on their behavior. Variables such as temperature and decrease have undergone specific changes to directly affect an environmental, social and economic level mainly. The purpose of this study was to determine the variation of the average temperature and the total variation of the years 2005, 2012 and 2019 of Bogotá D.C using geostatistical methods. A heat map was made for each year for the two variables, temperature and precipitation using the Kriging interpolation method. Among the frequent results, high and constant temperatures are evident in the urban areas of Bogotá, and low temperatures towards the rural areas. The year 2005 showed the highest temperatures in the entire area. Likewise, the year 2019 shows an increase in precipitation in different specific areas of the city. In general, no significant change will be detected over the years in the behavior of precipitation.

Keywords: Temperature, Precipitation, Kriging.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han evidenciado en el mundo cambios significativos climatológicos, por ejemplo, la temperatura y la precipitación en los últimos años ha tenido diversos comportamientos afectando diferentes sectores principalmente ambientales, económicos y de salud pública. La mayoría de las variaciones ha sido consecuencia de diferentes factores, sin embargo, el foco principal de estos y su aceleramiento se remite específicamente a las actividades antrópicas.

Teniendo en cuenta la definición dada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) define este fenómeno como: “Un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Díaz, 2012). Existen diferentes teorías acerca las causas de este fenómeno, entre ellas tenemos: contaminación, agricultura, ganadería, efecto invernadero, entre otros. Sin embargo, hoy las consecuencias han llevado consigo innumerables desastres ambientales que a su vez han provocado un efecto directo sobre todo el componente biótico, incluido el humano.

Varios estudios han sugerido relación entre el fenómeno del niño y el calentamiento global. Barboza (2013) quien afirmó que las emisiones de CO₂, para el periodo del Niño (ENOS) el más prolongado de la historia (1990-1995), produjo los cambios meteorológicos y ecológicos que se acumularon en el ambiente marino causando un blanqueamiento en los arrecifes coralinos del Caribe, el cual se dio por el aumento de la temperatura en la superficie oceánica, pues esta sobrepasó el umbral de 29 °C; en aquel momento, se dañaron los tejidos de las plantas y animales que forman la barrera coralina causando así grandes impactos negativos sobre estos ecosistemas acuáticos.

Bogotá ha demostrado en los últimos años periodos largos tanto de sequía como de lluvias los cuales han provocado desastres ambientales y por tanto diferentes daños económicos. Bogotá es una de las ciudades con mayores problemas de contaminación, según la alcaldía. Los reportes del año de 2018 se determinaron una alerta amarilla por contaminación en la ciudad dado a un aumento considerable de los niveles de PM_{2.5} (Material particulado) atribuido principalmente a procesos de combustión (especialmente diésel), siendo las fuentes móviles (transporte) las mayores aportantes de contaminación atmosférica (Veeduría Distrital, 2018). Claramente el aumento de CO₂ y material particulado amplifica la aparición de diferentes fenómenos de variabilidad climática.

Se han realizado diferentes estudios para evaluar el comportamiento de la precipitación en los últimos años. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (Benavides et al., 2007 en Aragón y Lerma, 2019) y la Alcaldía de Bogotá en conjunto con otras instituciones para la región de Bogotá y Cundinamarca determinaron que la precipitación promedio de Bogotá tuvo un aumento de 0.3 mm por década, sin embargo, las precipitaciones extremas tuvieron un aumento de entre 1 a 2 mm por década, esto va de la mano con el hecho de que la máxima precipitación en 5 días seguidos incrementa de 6 a 9 mm por década (IDEAM, 2015 en Aragón y Lerma, 2019).

Otro estudio realizado por Losada (2015) estableció que la tendencia de los días con precipitaciones mayores a 20 mm aumentará en un rango entre 0.061 y 0.391 día/año. Adicionalmente, Aragón y Lerma (2019) realizaron un análisis espacio temporal desde 1981 a 2010 de la precipitación en Bogotá en el cual se encontró que, en Bogotá hacia la periferia rural suroriental, se esperan mayores lluvias en los meses de junio y julio. Otro resultado indicó que en el sur de la ciudad donde la tendencia es que la precipitación disminuya, los periodos secos serán más amplios presentando eventos extremos de sequía.

Dentro de los antecedentes existentes para los comportamientos de la temperatura, Pabón (1998) realizó una investigación de la variabilidad climática inter-decadal en la Sabana de Bogotá, en donde se halló una concentración de calor en la zona concéntrica de la ciudad, producida principalmente por el aumento de la urbanización de la misma. Otro estudio realizado afirmó que durante la segunda mitad del siglo XX la temperatura media del aire en Bogotá estaba aumentando a razón de 0.1°C - 0.2°C por decenio y la temperatura máxima en alrededor de 0.6°C; adicionalmente la precipitación presentó variaciones entre el - 4% y el 6% por decenio (Pabón, 2012).

Todas estas investigaciones han demostrado en el tiempo las variaciones a nivel climatológico mediante diferentes métodos. Este estudio pretende determinar la variación de la temperatura media y precipitación total desde el año 2005 a 2019 a partir de métodos geoestadísticos.

Una vez obtenidos los datos, se calculó el promedio de la temperatura y la sumatoria de la precipitación por año de la información obtenida del IDEAM. Las planchas topográficas del área de estudio fueron adquiridas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

| Nombre_ Estación | Código |
|----------------------------|----------|
| AEROPUERTO CATAM | 21206570 |
| C.UNIV.AGROP-UDCA | 21206260 |
| CIUDAD BOLIVAR | 21206940 |
| COL H DURAN DUSAN | 21206620 |
| COL SANTIAGO PEREZ | 21206660 |
| EDIFICIO PREMIUM | 21206540 |
| EFRAIN CAÑAVERAL | 21206610 |
| ESCUELA LA UNION | 21201200 |
| INEM KENNEDY | 21206560 |
| JARDIN BOTÁNICO - AUT | 21205710 |
| NUEVA GENERACIÓN - AUT | 21206600 |
| PASQUILLA | 21201580 |
| SAN JOSE | 21206640 |
| SENA K 30 | 21205840 |
| UNIVERSIDAD NACIONAL - AUT | 21205012 |
| VEGAS LAS HACIENDA | 21206230 |
| VILLA TERESA - AUT | 21206920 |

Tabla 1. Nombre y Código de cada una de las estaciones meteorológicas.

Una vez obtenidos las coordenadas y datos por año para cada una de las variables, los puntos de monitoreo se ingresaron al software ArcGis con sus atributos a analizar: el promedio de la temperatura media y la precipitación total de cada una de las estaciones para los años 2005, 2012 y 2019.

Se realizaron pruebas exploratorias mediante análisis de distribución normal, en donde los valores de Skenees y Kurtosis garantizaran que el conjunto de datos cumplía con los supuestos estadísticos para realizar la interpolación. Adicionalmente se evaluó el análisis de tendencia, y datos atípicos que pudiesen interferir en los resultados. Se tuvieron en cuenta los valores de error medio cuadrático para la generación de los mapas.

Las salidas gráficas se realizaron mediante el método de interpolación de Kriging, el cual permite la transformación de datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de error. Se establecieron 20 clasificaciones para determinar detalladamente si las áreas han tenido alteraciones frente a las variables. Esto con el fin de identificar los cambios de temperatura y precipitación a través del tiempo.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Dentro de los resultados se obtuvieron los mapas de calor de precipitación (Figura 2) y temperatura (Figura 3) de los años 2005, 2012 y 2019. En la figura 2 se evidencian lluvias más frecuentes en zonas rurales. Es evidente precipitaciones más altas hacia la zona sur, puntos cercanos al páramo de Sumapaz.

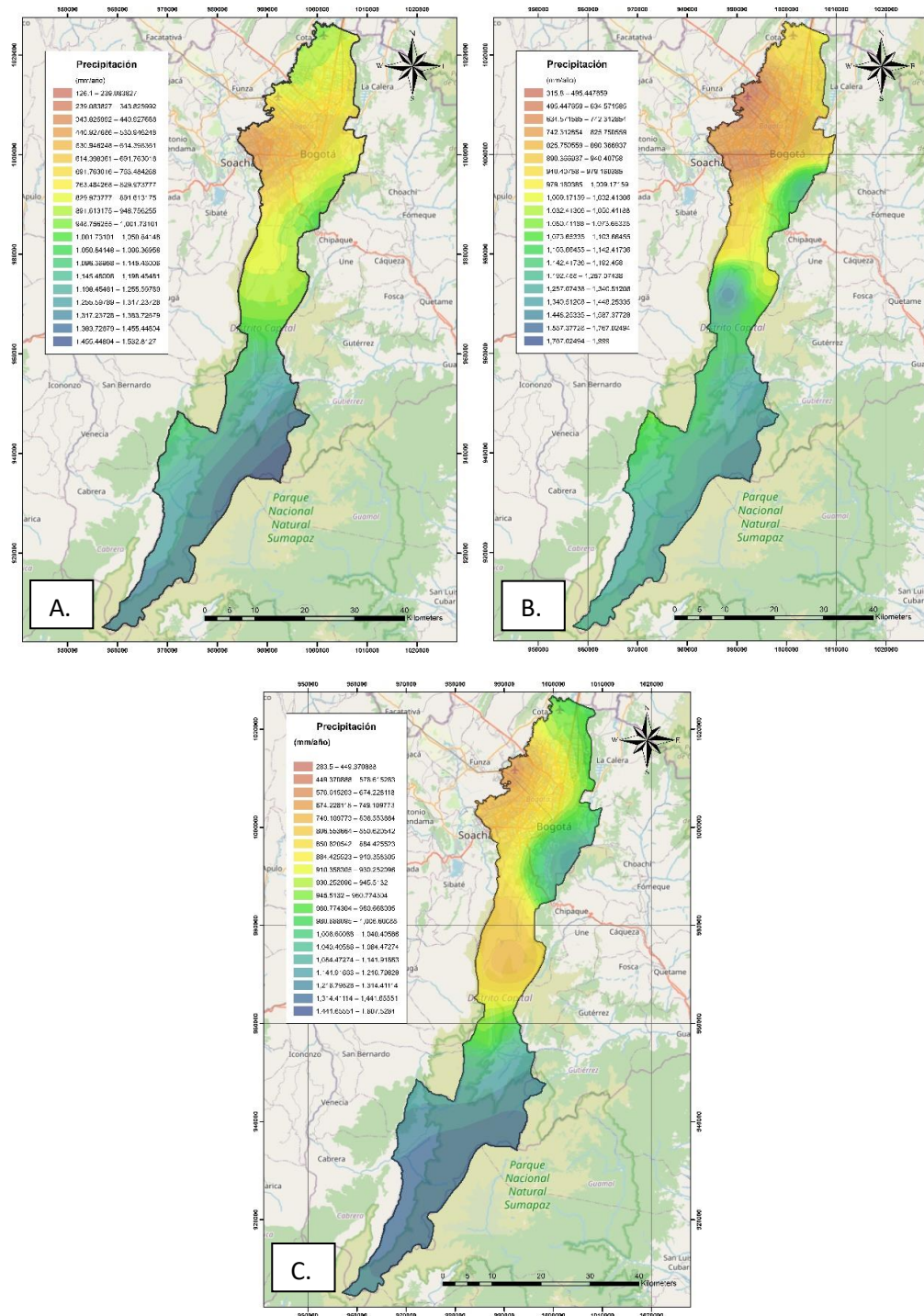


Figura 2. A. Precipitación total del año 2005. B. Precipitación total del año 2012. C. Precipitación total del año 2019.

Para sitios específicos como la zona urbana de Bogotá, los cambios no muestran ser significativos en el aumento o disminución de las lluvias a nivel general, sin embargo, para el año 2012, se presentó una disminución considerable en la precipitación en la zona occidental de la ciudad, los valores oscilaron entre 325,8 mm a 634,5 mm de precipitación total al año.

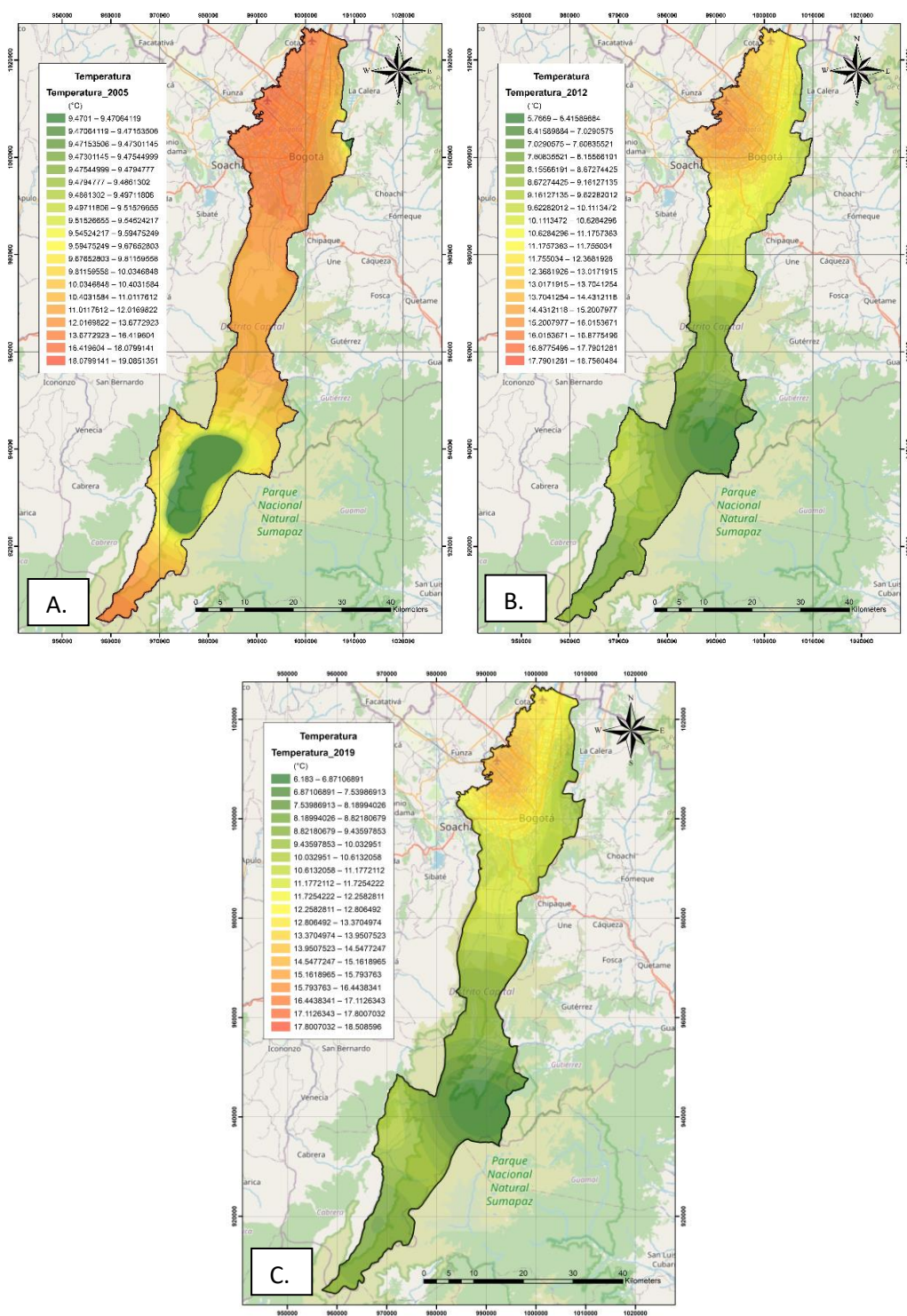


Figura 3. A. Temperatura media del año 2005. B. Temperatura media del año 2012. C. Temperatura media del año 2019

Existe un régimen monomodal poco acentuado en la parte rural posterior a los cerros orientales, atribuido a que la orografía del terreno que se ve influenciada por el régimen de lluvias de los llanos orientales (López, 2012; Bernal et al., 2007; Pabón y Torres, 2006 en Aragón & Lerma, 2019). Dentro de cada uno de los mapas se observa que las lluvias tienen predominancia hacia la zona oriental de zona urbana de Bogotá y que en estos últimos años esta zona ha aumentando la precipitación total reportada, en donde particularmente por dinámica climática y el tipo de relieve normalmente se da mayor precipitación.

La dinámica de las lluvias en la zona urbana de Bogotá siempre ha sido menor comparada con las otras áreas. Probablemente los efectos de la contaminación de la ciudad han traído consigo una disminución de la precipitación comúnmente en la zona occidental, y aumentando en la zona oriental, ya que las corrientes de aire que presentan temperaturas altas a causa de la emisión de gases contaminante, se encuentran con las temperaturas más bajas presentes en la región montañosa de los cerros orientales generando un proceso de condensación y así mismo una mayor precipitación, lo cual afecta directamente la dinámica de todos los componentes fisicoquímicos y biológicos que se encuentran asociados a estas áreas.

En la figura 3 se observan los resultados obtenidos de la temperatura media de cada uno de los años estudiados (2005, 2012 y 2019). Para el año 2005 la temperatura media de la totalidad del área presentó los valores más altos en comparación a los demás años. El IDEAM (2012) reportó de que para el 2005 se había registrado como uno de los años más calurosos, indicando un aumento de la temperatura en promedio de 0,50°C, valor que fue superado por el año 2010.

Para el caso de los años 2012 y 2019 la temperatura no mostró a nivel general un patrón de cambio significativo. Sin embargo, se evidencia que para el 2012 la zona urbana de Bogotá presentó mayores temperaturas concentradas principalmente hacia la zona occidental de ciudad.

En general, se evidencia que para los tres periodos de tiempo la zona urbana de Bogotá siempre ha presentado los valores de temperatura más altos en comparación a las zonas rurales. Este tipo de comportamiento de la variable puede ser atribuida a las constantes actividades antrópicas que presenta la ciudad, entre ellas de las más importantes son la emisión de gases tanto por parte de transporte como de la industria. Este tipo de actividades contribuyen al efecto invernadero en donde gases como el Dióxido de carbono (CO₂), Monóxido de carbono, Metano, y diferentes gases emitidos por las actividades industriales se expresan en grandes cantidades a un ritmo acelerado produciendo así un aumento de la temperatura significativo.

3. CONCLUSIONES

Se determinaron los mapas de calor usando el método de interpolación de Kriging para las variables de temperatura media y precipitación total para los años 2005, 2012, 2019, mostrando ser el método que mejor se ajusta para el conjunto de datos.

Se identificó que el año con temperaturas más altas fue el 2005. Los años 2012 y 2019 no mostraron diferencias en su comportamiento.

La precipitación mostró ser constante y no evidencio un cambio de patrón de comportamiento para cada uno de los años estudiados en general, sin embargo, si se observaron aumentos de precipitación en los años 2012 y 2019 en zonas específicas de Bogotá.

La zona urbana de Bogotá mostro las temperaturas más altas y de menor precipitación en comparación a las demás zonas del área total del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Veeduría Distrital. 2018. Contaminación atmosférica y calidad del aire en Bogotá D.C. Disponible en:

https://www.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Veedur%C3%ADa%20Distrital_NotaTecnica_Calidad_del_Aire_en_Bogota.pdf

Díaz, G. 2012. El cambio climático. Ciencia y sociedad. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Volumen XXXVII, Número 2. Santo Domingo, República Dominicana.

Aragón, J. Lerma, B. 2019. Análisis espacio temporal (1981-2010) de la precipitación en la ciudad de Bogotá: avances en la generación de índices extremos. Revista Facultad de ingeniería. Universidad Libre. Bogotá, Colombia.

Benavides, H. Mayorga, R. and Hurtado, G. 2007. "Análisis de índices de extremos climáticos para Colombia usando el Rclimindex," Nota técnica IDEAM – METEO /007.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 2015. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Modelo+Institucional+EI+Ni%C3%B1o++La+Ni%C3%B1a.pdf/232c8740-c6ee-4a73-a8f7-17e49c5edda0>

Losada, J. 2015. Análisis de posibles cambios a través del tiempo en la ocurrencia, intensidad y magnitud de la precipitación para tormentas extremas sobre la ciudad de Bogotá, Doctoral Thesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Pabón, J. (1998). Análisis preliminar de la isla de calor en la Sabana de Bogotá. Revista Colombiana de Geografía, 7: 87 - 93.

Pabón, J. 2012. Cambio climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del siglo xx y escenarios posibles para el siglo XXI. Rev. Acad. Colomb. Cienc 36(139): 261-278 ISSN 0370-3908.

Barboza, O. 2013. Calentamiento global: "la máxima expresión de la civilización petrofósil " Revista del Cesla, Núm. 16, pp. 35-68

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.2012. Indicadores que manifiestan cambios en el sistema climático de Colombia (Años y décadas más calientes y las más y menos lluviosas). Nota técnica.

López, V. 2012. "Condiciones atmosféricas predominantes en el piedemonte de la cordillera Oriental, determinantes del régimen climático en las sedes de la Universidad de La Salle, Bogotá," *Épsilon*, vol. 18, pp. 87-104.

Bernal, G.Rosero, M. Cadena, M. Montealegre, J. and Sanabria, F. 2007. *Estudio de la Caracterización Climática de Bogotá y Cuenca Alta del Río Tunjuelo*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM - Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, Bogotá.

Pabón, J y Torres, G. 2006. "Efecto climático de los fenómenos el Niño y la Niña en la sabana de Bogotá," *Meteorología Colombiana*, vol. 18, pp. 86-99.